土壤病原生態與防治研討會專刊 113～123, 1991

利用土壤添加物防治作物之土壤傳播性病害

黃振文

台中市國立中興大學植病系

摘　要

黃振文 1991 利用土壤添加物防治作物之土壤傳播性病害　植保會刊 33:113～123

利用有機添加物可以補充地力，維繫作物的生產外，亦可抑制作物之土壤傳播性病害的發生。大豆綠肥、甘蔗葉渣、苜蓿粉、闊葉樹皮、雞糞、甘藍及芥菜葉渣和魚粉等是常用的有機添加物。至於無機添加物有矽酸爐渣、碳酸鈣、硫磺粉、硫酸鈣及化學肥料等。由於農田經常存在多種根部病害問題，且爲了有效利用有機與無機添加物彼此間的優點。因此，結合有機與無機添加物以發展「合成土壤添加物」是綜合防治作物根部病害的一種策略。目前，S-H 與 SF-21 混合物是兩種已發展成功的合成土壤添加物。S-H 混合物可以防治西瓜蔓割病，蘿蔔黃葉病，芥菜根瘤病、豌豆萎凋病，胡瓜猝倒病與疫病及番茄青枯病。而 SF-21 混合物則可防治由 *Rhizoctonia solani, Pythium aphanidermatum* 及 *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* 三者所引起的溼地松苗猝倒病。

（關鍵字：土傳病害，土壤添加物，S-H 混合物，SF-21 混合物）

緒　言

在自然的環境中，要維繫農作物的生產潛能，必須使農田免於酸化、毒傷及沖刷，並須經常補充作物生長所需的各種營養與有機質[27,32]。然而，台灣自光復以來，農友普遍採行集約栽培及偏用化學肥料，同時又忽略有機質的補充，因此約有 60% 左右的農田，其土質偏酸，作物的根部病害逐年遽增，導致蔬菜、果樹等作物的生產力急速下降。近年來，本省常見的作物根部病害有十字花科蔬菜根瘤病，葫蘆科、茄科疫病，香蕉、芹菜、蘿蔔黃葉病，西瓜及香瓜蔓割病，十字花科、豆科菌核病，茄科立枯病、青枯病、根瘤及根腐線蟲病，豆科根腐病、萎凋病等，都是值得重視的病害問題[13,61]。

土壤是有機與無機的綜合體，其傳播性病害的管理工作，常受制於土壤的環境，土媒病原的習性與棲群動態，以及作物生長繁殖的遺傳因子，導致成效不彰[13]。因此，學者們爲突破根部病害防治的瓶頸，除加強種苗檢疫，抗病選種或育種，輪作或休耕，土壤化學燻蒸，灌注化學殺菌劑或線蟲劑與找尋拮抗菌等防治策略外，就是利用土壤添加物以降低根部病害的發生及保護植物的健康[5,6,12]。

土壤添加物的應用

自古以來，我國農民多習慣在農田中施用人畜糞便、作物殘餘物、草木灰或泥土等土壤添加物，以增進土壤肥力，並維持作物之生長，但卻從未留意這種農事的操作具有減少或增進土傳性病害發生的功效。六十年前，Sanford[57] 有效利用綠肥添加物防治馬鈴薯瘡痂病 [*Streptomyces* (*Actinomyces*) *scabies* (Thaxt.) Waks

& Henrici]的報導，給予土壤傳播性病害的防治研究者一個啓示是：「適當的經營與管理土壤，可有效的控制土壤環境，並抑制作物根部病害的發生」。隨後，許多植物病理學者逐漸研究作物殘渣、樹皮、堆肥、污泥、綠肥及大豆粉等添加物的利用，以防治土壤傳播性病害（表一）。Lewis 和 Papavizas[47] 指出甘藍、芥藍和芥菜渣添加於土中可以顯著降低豌豆根腐病（*Aphanomyces euteiches* Drechs）的發生。Fassi *et al*[29]利用泥炭土混合堆肥的添加處理，有效的防治松苗舞病。Vaartaja 和 Bumbieris[63]在奧大利報導每英畝苗床添加 15 噸半腐熟的松皮與鋸屑，可具扼止松苗猝倒病的效果。Snyder *et al*[60]發現添加成熟大麥桿（mature barley straw）能有效抑制豆類根腐病〔*F. solani* Mart. f. sp. *phaseoli* (Burk) Snyder & Hansen〕的發生。Sequeira[58]利用蔗葉渣 20～60 噸 / 英畝防治香蕉黃葉病 *F. oxysporum* Schl. f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder & Hansen 的效果優於豆類殘渣及糞便的處理。隨後，他又報導尿素可使香蕉黃葉病大爲下降[59]。Papavizas、Lewis 及 Adams[24,53]認爲添加有機物可以改變碳氮比，是達成防治 *F. solani* f. sp. *phaseoli* 的主因。Guy 等[33] 指出添加幾丁質於土中可以減少豌豆萎凋病的蔓延。但 Guy 及 Baker[33]、Snyder *et al*[60]也曾使用纖維，綠大麥桿等處理，卻增加豆類萎凋病的嚴重度。筆者[7,11]發現添加洋菇堆肥可降低西瓜蔓割病菌〔*F. oxysporum* Schl. f. sp. *niveum* (E. F. Smith) Snyder & Hansen〕的存活，但添加鐵杉鋸屑卻可延長病原菌的存活時間。土中施用麥桿，使小麥根腐病菌（*F. solani* 及 *F. roseum*）的繁殖與存活增長，導致根腐病更趨嚴重[28,39,55]。紫花苜蓿（Alfalfa）添加於土壤之後，除了可以減輕白絹病菌（*Sclerotium rolfsii* Sacc.）之爲害外[20,43]，尙可減輕其他 *Phytophthora*、*Fusarium* 及 *Thielaviopsis* 等菌所引起的根部病害[31,40]。添加高量的紫花苜蓿，6～8 星期以後，可以破壞土中所有的菌核；添加低量者，12 星期後，有 90% 的菌核遭到破壞；而未添加者，僅有 25% 之菌核受害[43]。蔡、林兩氏[19]發現篦麻粕、海草、糖蜜及蝦殼等添加物，可以降低柑桔線蟲（*Tylenchulus Semipenetrans* Cabb.），根腐線蟲（*Pratylenchus coffeae*）及螺旋線蟲（*Rotylemchus* spp.）的蟲口數，但鋸木屑、泥炭土、黃豆粉等卻可增進柑桔線蟲與根腐線蟲的繁殖與存活。綜合上述學者的研究工作，利用添加物除可以防治作物根部病害外，亦有增進病害發生者。

合成土壤添加物的開發與利用

施用土壤添加物於不同種類的土壤，往往未能有效的控制作物病害，更何況，在農田中常有兩種或兩種以上的土壤傳播性病原菌共存

表一、利用土壤添加物防治土壤傳播性之作物病害的例子
Table 1. Examples of soil amendments for controlling soilborne crop diseases

作物病害名稱	病　原　學　名	添　加　物	參考文獻
豌豆根腐病	*Aphanomyces euteiches*	十字花科蔬菜渣	47
香蕉黃葉病	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*	甘蔗葉渣	58
小麥根腐病	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	蛋白質類添加物、大豆粉、苜蓿粉、魚粉等	46
番茄根瘤線蟲病	*Meloidogyne incognita*	苜蓿、燕麥桿	42
萵苣菌核病	*Sclerotinia sclerotiorum*	廄糞	44
馬鈴薯瘡痂病	*Streptomyces scabies*	綠肥	50, 57, 64
菜豆根腐病	*Thielaviopsis basicola*	苜蓿、高麗菜莖葉、油種子粉	54
柑桔線蟲病	*Tylenchulus semipenetrans*	蝦殼、海草、糖蜜、蓖麻粕	19

一處，導致時有複合感染的病害問題。因此，許多的研究工作者經常發現單獨一種或兩種的添加物或作物殘渣無法有效的防治作物之根部病害。一般言之，每公頃的農田，至少須施用14～28公噸的有機添加物，才能達到防治根部病害的效果，然而在現階段的機械化經營體制下，這種用量是不合乎經濟原則，也無法爲農民所接受[52]。此外，在潮溼，寒冷的氣候條件下，鉅量施用有機添加物，偶有毒傷作物根部之虞[52]。相反的，利用無機添加物，除可直接促進作物的生長與抑制植物病原菌外[34]，它的農田施用量亦遠少於有機添加物的用量。然而，連續大量（重複）施用化學肥料（無機添加物），可導致土壤有機質的耗損及造成有毒物質的纍積[27]。爲了避免有機與無機添加物彼此間對於農田（農作物）的不良效果，且考慮採取兩者彼此間的優點，因此嘗試結合有機與無機添加物以開發合成土壤添加物（formulated soil amendment）[8,37,62]，確是今後綜合防治多種作物之土壤傳播性病害的努力方向。

民國69年，中興大學孫守恭教授及作者首先成功的發展一種合成土壤添加物，名曰S-H混合物[8]。這種混合物是由農業及工業副產物，再加三種肥料混合而成，其組成份包括：甘蔗渣4.40%、稻殼8.40%、蚵殼粉4.25%、尿素8.25%、硝酸鉀1.04%、過磷酸鈣13.16%及礦灰（矽酸爐渣）60.5%。將甘蔗渣，稻殼、蚵殼、礦渣磨成細粉，再加尿素，過磷酸鈣及硝酸鉀均勻混合，即是S-H混合物。礦渣爲中國鋼鐵公司之副產品，其成分爲：二氧化矽31%、氧化鈣44%、氧化鎂1.7%、氧化鋁18%與氧化鐵1%。S-H混合物在中興大學研究室與溫室證明效果穩定後，隨即於本省各地從事田間試驗，結果顯示其對十字花科蔬菜如蘿蔔、芥菜之黃葉病、青江白菜、芥菜根瘤病、西瓜蔓割病、扁蒲嫁接西瓜的苗期猝倒病，芹菜黃葉病、菜豆立枯病、甜椒白絹病、薑軟腐病等作物根部病害具有防治和增產的效果，同時也促進草莓、小白菜、甘藍菜及菊花的生長。例如(I)民國70年9～10月在台中縣新社水井，進行蘿蔔黃葉病防治試驗，S-H混合物處理區發病率爲8.2%，對照區爲41.8%；S-H區蘿蔔增產量爲對照區的1.89倍（圖一）。(II)民國70年10月～12月在屏東縣鹽埔鄉西瓜連作田，進行西瓜蔓割病防治試驗，在採收末期，S-H區發病率爲20.14%，對照區則爲74.6%。(III)民國71年2月～4月在桃園縣蘆竹鄉進行芥菜黃葉病防治試驗，S-H區發病率2.12%，對照區爲16.3%；S-H區芥菜產量爲對照區的2.29倍。(IV)民國71年1月～2月在雲林縣西螺鎮進行扁蒲嫁接西瓜之苗猝倒病防治試驗。處理S-H者，嫁接成活率高，植株生長較強壯，猝倒病的發生率大爲減少（圖二）。(V)民國70年9月～11月在屏東縣高樹鄉進行甜椒白絹病防治試驗，對照未處理區發病率爲11.67%，而S-H混合物處理區發病率僅0.56%。(VI)72年9月～12月在苗栗縣大湖鄉之草莓試驗田中，施用S-H混合物之處理區，其採收量爲對照未處理區的1.52倍，植株生長勢較強，開花期提前，果腐病發生率遽減。(VII)民國72年至73年興大植病系謝文瑞教授及其研究生們在桃園蘆竹鄉進行青江白菜根瘤病防治試驗，S-H混合物處理區的防治百分率比未處理對照區高出66%左右，並增加57.6%的收穫量。(VIII)民國73年至74年山地農牧局在嘉義縣番路鄉進行薑軟腐病防治試驗，施用S-H混合物的處理區使產量增加2～3倍，並減少軟腐病的發生。此外，S-H混合物亦被應用於防治豌豆萎凋病[2]，胡瓜猝倒病[48]與疫病[49]及番茄青枯病[3.4.23]等（表二）。

民國76年至79年間，筆者獲國科會與中興大學補助赴美進修時，也開發成功另一種合成土壤添加物，名曰SF-21混合物。SF-21混合物的組成是：松樹皮750克，硫酸銨35克，過磷酸鈣10克，氯化鈣30克，氯化鉀25克，硫酸鋁150克與甘油（10%）750毫升[35,37]。應用這個配方在溼地松的苗床，可同時防治*P. aphanidermatun* (Edson) Fitz, *R. solani* Kühn (AG-4)及*F. moniliforme* Sheld var. *subglutinans* (Wollenw & Reink)三者所引起的松苗猝倒病（圖三）[35,37]。此外，溴化甲烷燻蒸過後的苗床土之生態空隙，亦可由SF-21混合物加以保護，以扼止*Pythium* spp.再污染所構成的威脅。

圖一、在新社鄉水井村的蘿蔔連作田，利用 S-H 混合物防治蘿蔔黃葉病之成果。（其中左邊為處理區；右邊為不處理的對照區）

Fig 1. Radish plants growing in field infested with *F. oxysporum* f. sp. *raphani* and with soil (left) amended with S-H mixture at a rate of 1200 kg/ha and (right) not amended.

圖二、在西螺振興里的育苗土添加 S-H 混合物防治西瓜苗猝倒病的成果。（右邊為處理區；左邊為對照區）

Fig 2. Watermelon plants growing in soil infested with *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *Pythium debaryanum* and with soil (right) amended with S-H mixture at a rate of 1200 kg/ha and (left) not amended.

表二、本省利用合成土壤添加物（S-H混合物）防治土壤傳播性之作物病害
Table 2. Control of soilborne crop diseases with a formulated soil amendment (S-H mixture) in Taiwan

作物病害名稱	病 原 學 名	防 治 效 果	參考文獻
西瓜蔓割病	*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*	減少病害，抑制厚膜胞子發芽，且促進發芽管瓦解	8, 9, 62
蘿蔔黃葉病	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	減少病害，增加蘿蔔產量	14, 62
青江白菜根瘤病	*Plasmodiophora brassicae*	減少病害，降低根毛受害，增加青江菜產量	15, 16, 17 18, 21
豌豆萎凋病	*F. oxysporum* f. sp. *pisi*	抑制發病率	2
胡瓜猝倒病	*Pythium aphanidermatum*	減少卵胞子存活與發病率	48
胡瓜疫病	*Phytophthora melonis*	減少發病率，但需配合噴佈銅滅達樂	49
甜椒白絹病	*Sclerotium rolfsii*	抑制菌核發芽與發病率	62
番茄青枯病	*Pseudomonas solanacearum*	在溫室內，可減少病菌存活力與病害的發生	3, 4, 23

添加物防病抑菌的原理

有機添加物可以增強土壤微生物的活力與競爭作用，並誘使植物病原菌的接種源受害及利於作物的生長[26,28]。Adams *et al*[25]認為土中添加纖維類的物質，可提高土壤的靜菌作用，以扼止豆類根腐病的發生。Rao[56]推論添加有機營養物，可以改變 *F. oxysporum* f. *vasinfectum* 的致病性。然而，Huber *et al*[38]卻認為有機物的添加可以強化病原菌的腐生生長優於寄生行為（Parasitic activity）。Sequeira[58]詳述添加有機物以減少 *F. oxysporum* f. *cubense* 病菌量的原因有三，即 (I) 促進厚膜胞子的發芽，(II) 誘發土壤細菌以分解菌絲及薄壁胞子，(III) 抑制厚膜胞子的再形成。

Lewis 和 Papavizas[47]添加十字花科蔬菜菜渣可抑制豌豆根腐病（*Aphanomyces euteiches*）的原因，在於這類菜渣經分解後，可以釋放硫醇（mercaptan），硫化物（Sulphides），異硫氰化物（Isothiocyanates）等氣體。這類氣體與土壤燻蒸劑衛本（Vapam）和邁隆（Dazomet）在土中所放出的異硫氰酸甲酯（Methyl isothiocynate）具有相以的殺菌效果。Gibert *et al*[30]報導在土中添加紫花苜蓿所釋放的揮發性物質，可以迅速提高土壤微生物的活力。此類揮發物質是由20種以上的揮發性化合物組成，其中乙醛（Acetaldehyde）、異丁醇（Isobutyraldehyde）、異戊醛（Isovaler-aldehyde）、甲基丁醇（Methylbutanol）及（或）戊醛（Valer aldehyde）、甲醇（Methanol）及乙醇（Ethanol）爲主要的有效物質。乙醛可以單獨增加土壤眞菌之數目，而甲醇則有利於促進細菌的增殖。若混合乙醛與甲醇則有助於增加細菌及放射菌的數目[51]。

合成土壤添加物含有兩種以上的有機物及無機物，因此其防病與抑菌的原理常隨添加物與病原菌種類的不同而有所差異。孫、黃兩氏[9]指出 S-H 混合物抑制蘿蔔黃葉病菌厚膜胞子的發生與分解發芽管之重要成分是礦灰及蚵殼粉；至於分解西瓜蔓割病菌發芽管的主要成分則是礦灰。礦灰的五種成分中，以鈣鹽及鐵鹽爲抑制厚膜胞子發芽與瓦解發芽管的重要鹽類。施用 S-H 混合物於土壤後，可增進有益眞菌及放線菌的密度，並可利用其蔗渣與谷殼粉等有機物之成分以延續有益微生物的存活。S-H 混合物也可以減少西瓜根圈的蔓割病菌，並提高西瓜根的數目與重量。歸言之，S-H 混合物的防病機制是下列數因子綜合表現的結果：即 (I)

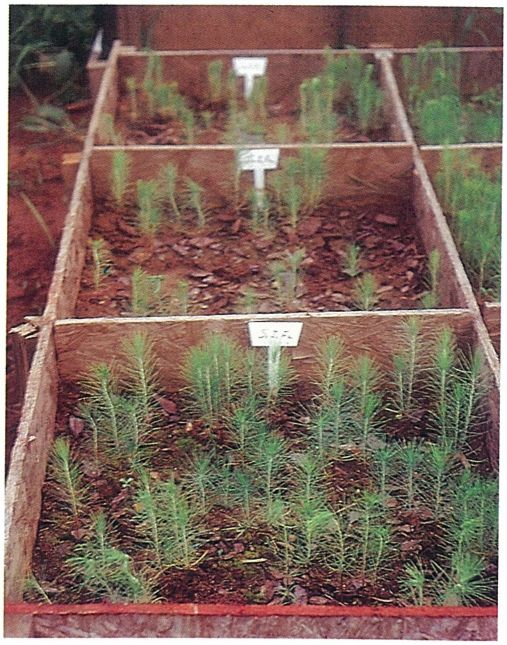
其無機鹽類可直接抑制病原菌，並可中和土壤酸鹼度，提高土壤 pH 值；(II) 增加土壤中有益微生物的數量，進而抑制或瓦解病原菌；(III) 含豐富的營養及多種微量元素，可補充作物生長的需要，增加作物根系的發育，並增強作物的抗病力。至於 S-H 混合物防治其他土壤傳播性病害的有效因子有：(I) S-H 混合物中的尿素可釋放出氨氣，因此可以有效的抑制甜椒白絹病菌的發芽[62]及防治胡瓜猝倒病的發生[48]；(II) S-H 混合物含有鈣鹽及提高土壤 PH 值，所以可以防治十字花科蔬菜根瘤病[16,17]；(III) S-H 混合物的礦灰及尿素是番茄青枯病的主要抑制成分[49]。筆者在美國喬治亞大學進修時，所發展的 SF-21 混合物，可以同時防治 *Rhizoctonia solani* (AG-4) 和 *Pythium aphanidermatum* 所引起松苗猝倒病，其防病與抑菌原理是：(I) SF-21 混合物可以促進 *Trichoderma harzianum* Rifai 及 *Penicillium oxalicum* currie et Thom 大量的繁殖與存活（圖四），因而抑制 *R. solani* 對松苗的致病能力；(II) SF-21 混合物的有機物與無機物成分可降低土壤酸鹼值與直接抑制 *P. aphanidermatum* 之菌絲及游走子發芽管的生長；又 SF-21 混合物誘使土壤微生物大量的繁殖，可加速瓦解游走子的發芽管；(III) SF-21 混合物也可以強壯松苗根系的發育與生長[36,37]。

結　論

土壤添加物影響作物之土傳性病害的發生，大致可分爲三類，即 (I) 有的可以減少病害，(II) 有的則使病害增加，(III) 有的與病害的發生無顯明關係。理論上，作物殘餘物與土壤有機添加物可減少病害發生的原因是添加物可 (I) 改變病菌之腐生生活；(II) 產生刺激物或抑制物質，以降低接種源密度；(III) 提供營養物質，平衡土壤之碳氮比；(IV) 改變土壤微生物相，增強土壤之靜菌作用；(V) 改變土壤理化性質，以增強作物的生長。此外，添加物亦可影響到作物葉部病害的發生。顏氏等[22]指出水稻田施用谷殼後，可增加土壤與稻葉片之矽、鉀含量，因而增強水稻抵抗葉與穗之稻熱病。又土中施用矽酸爐渣亦可減少水稻胡麻葉枯病的發生[1]。

土壤添加物防病的功效，常受制於農田的生態環境因子，土壤質地與肥力[10]，作物的特性，病原菌的對象，接種源密度與作物栽培的序列[55]等，因此，要成功的利用添加物以防治作物病害，必須深入研究土壤添加物的特性與防病機制，同時也得清楚的掌握土壤的各種環境因子。Irving[41]給「綜合防治（Integrated control）」下了一個定義，就是巧妙而協和的應用各種防治策略以使環境的污染及人類的損失傷害減至最低，並使自然防治法得以有效的發揮。過去，有許多殺菌劑除可直接抑制植物病原菌外，同時又可誘使土讓的微生物對病原菌的拮抗作用增強，因而達到防治病害的效果，這種現象也被稱爲「綜合防治」[26]。按 S-H 及 SF-21 兩混合物的防病機制觀之，它們利用生物因子與非生物因子以防治多種土傳性病害，也是一種「綜合防治」的表現。事實上，合成土壤添加物的發展是以考慮農業生態體系內生物間的平衡爲著眼點，除注意作物生長的營養外，亦考慮有益微生物的繁殖與存活。因此，成功的合成土壤添加物，其成分往往可以弱化植物病原菌的生命活力，並使拮抗微生物得以有效的攻擊病原菌。

世界各地均考慮以生物防治來減少農藥的污染問題，但成功的生物防治的實例並不多。Kuhlman[45]認爲要達成生物防治的目標，拮抗微生物須具備下列六個要件，即 (I) 要能迅速的散佈；(II) 任何環境下，均可感染病原菌；(III) 在病原菌爲害作物之前，即已成功的完成攻擊病原菌的任務；(IV) 能弱下或殺傷病原菌；(V) 能持續的增殖；(VI) 對於寄主植物不具有病原性。其中，如何使拮抗菌在土中與根圈繁殖（增殖）是使生物防治臻至成功的最重要手段。合成土壤添加物，如 S-H 和 SF-21 混合物，可以引誘土中拮抗菌增殖，又可充作拮抗菌存活的基質。因此，筆者建議今後生物防治的努力方向是：「發展有利於拮抗菌繁殖的合成添加物，以使拮抗菌得以配合，並發揮抑菌與防病的效果。」



圖三、在美國喬治亞州雅典城利用 SF-21 混合物防治溼地松苗猝倒病之成果。（前區爲處理者；中間區爲對照）。

Fig 3. Damping-off of slash pine seedlings, caused by *Rhizoctonia solani* (AG-4), controlled by amending soil (frontal microplot) with SF-21 mixture at a rate of 2000 kg/ha; soil in central microplot not amended.

圖四、土壤添加 SF-21 混合物 (SF) 可促進 *Trichoderma harzianum* (T) 及 *Penicillium oxalicum* (P) 在土壤表面大量繁殖的情形。

Fig 4. Proliferation of *Trichoderma harzianum* (T) and *Penicillium oxalicum* (P) stimulated by SF-21 mixture (SF) on soil surface.

cumber with S-H mixture as soil amendment. Plant Prot. Bull. 30:223-234.

49. Lin, Y. S., Sun, S. K., Hsu, S. T., and Hsieh, W. H. 1990. Mechanisms involved in the control of soilborne plant pathogens by S-H mixture. Pages 249-259. in D. Hornby, ed. Biological Control of Soilborne Plant Pathogens. C.A.B. International, Wallingford, UK. 479pp.
50. Millard, W. A., and Taylor, C. B. 1927. Antagonism of microorganisms as the controlling factor in the inhibition of scab by green-manuring. Ann. Appl. Biol. 14:202-215.
51. Owens, L. D., Gilbert, R. G., Griebel, G. E., and Menzies, J. D. 1968. Identification of plant volatiles that stimulate microbial respiration and growth in soil. Phytopathology 59:1468-1472.
52. Papavizas, G. C. 1975. Crop residues and amendments in relation to survival and control of root-infecting fungi: an introduction. Page 76 in: G. W. Bruehl, ed. Biology and Control of Soilborne Plant Pathogens. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, NN. 216pp.
53. Papavizas, G. C., Lewis, J. A., and Adams, P. B. 1968. Survival of root-infecting fungi in soil. II. Influence of amendment and soil carbon-to-nitrogen balance on *Fusarium* root rot of beans. Phytopathology 58:365-372.
54. Papavizas, G. C., Lewis, J. A., and Adams, P. B. 1970. Survival of root-infecting fungi in soil XIV. Effect of amendments and fungicides on bean root rot caused by *Thielaviopsis basicola.* Plant Dis. Reptr. 54:114-118.
55. Pulti, G. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Springer-verlag, Berlive, Heidelbery, New York.
56. Rao, M. V., and Rao, A. S. 1966. *Fusarium* wilt of cotton in relation to inoculum potential. Trans. Br. Mycol. Soc. 49:402-409.
57. Sanford, G. B. 1926. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies.* Phytopathology 16:528-547.
58. Sequeira, L. 1962. Influence of organic amendments on survival of *Fusarium oxysporum* f. *cubense* in the soil. Phytopathology 52:976-982.
59. Sequeira, L. 1963. Effect of urea applications on survival of *Fusarium oxysporum* f. *cubense* in soil. Phytopathology 53:332-336.
60. Snyder, W. C., Schroth, M. N., and Christou, T. 1959. Effect of plant residues on root rot of bean. Phytopathology 49:755-756.
61. Sun, S. K. 1984. Research into soilborne diseases in Taiwan. FFTC Book Series No. 26:31-48.
62. Sun, S. K., and Huang, J. W. 1985. Formulated soil amendment for controlling fusarium wilt and other soilborne diseases. Plant Dis. 69:917-920.
63. Vaartaja, O., and Bumbieris, M. 1965. Control of conifer damping-off in southern Australia. U.S. Dep. Agr. Plant Dis. Rep. 49:504-506.
64. Weinhold, A. R., and Bowman, T. 1968. Selective inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic bacteria and substrate influence on antibiotic production. Plant Soil. 28:12-24.

ABSTRACT

Huang, J. W. 1991. **Control of soilborne crop diseases by soil amendments.** Plant Prot. Bull. 33:113-123. (Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.)

When the soil elements essential for efficient plant nutrition and economic production are low in availability or are not in balance, soil amendments and chemical fertilizers are required. The use of soil amendments to intensify microbiological activity and enhance competition among soil microorganisms results in lysis of inoculum structure of pathogenic fungi. Therefore, soil amendments are also frequently recommended to prevent the increase of soilborne plant pathogens in cultivated soil. Since 1979, formulation of soil amendments has been devised to control root-infecting fungi with minimal amounts of amendments or to alleviate root disease problem with amendments used as an integrated part of an economical, feasible disease control program. Two formulated soil amendments, S-H and SF-21 mixtures, have been successfully developed for controlling soilborne crop diseases. S-H mixture, consisted of 4.4% bagasse, 8.4% rice husks, 4.25% oyster shell powder, 8.25% urea, 1.04% potassium nitrate, 13.16% calcium superphosphate, and 60.5% mineral ash (slag), has been used to effectively control fusarial wilt of watermelon, radish, and pea, club root of crucifers, pythium damping-off and phytophthora blight of cucumber, and bacterial wilt of tomato in Taiwan. Furthermore, SF-21 mixture, consisted of 750 g milled pine bark, 35 g $(NH_4)_2SO_4$, 10 g triple superphosphate, 30 g $CaCl_2$, 25 g KCl, 150 g $Al_2(SO_4)_3$ and 750 ml glycerine (10%, v/v), was able to significantly reduce damping-off of slash pine caused by *Rhizoctonia solani, Pythium aphanidermatum* and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans,* and promoted growth of pine seedlings in the United States.

(Key words: soilborne crop diseases, formulated soil amendment, S-H mixture, SF-21 mixture)